Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 38- 52

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۵۲-۳۸

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و مکانیکی گاودانه (*Vicia ervilia*) و بررسی خصوصیات عملکردی آرد حاصل از آن

مسعود تقی‌زاده[۱*]، بهداد شکرالهی یانچشمه[۲]، فاطمه حامدی شهرکی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۱

چکیده

با توجه به نیاز روز افزون بشر به منابع جدید پروتئینی و میزان بالای پروتئین در دانه گاودانه،در این پژوهش خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مکانیکی دانه گاودانه و ویژگی‌های عملکردی آرد حاصل از آن، مورد ارزیابی قرار گرفت؛ همچنین اثر تغییرات pH بر تغییر در میزان حلالیت، ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری آن و ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری آن مورد بررسی قرارگرفت. متوسط طول، عرض و ارتفاع دانه‌ها به ترتیب ۳/۵۶۳۸، ۳/۶۱۹۷ و ۳/۸۳۶۵ میلی‌متر و میانگین حسابی و هندسی قطر، ضریب کرویت و سطح به ترتیب ۳/۶۷۳۳، ۳/۶۷۰۱میلی‌متر، ۱/۰۳۱۸و ۴۲/۴۰۵ میلی‌متر مربع بدست آمد. میانگین دانسیته واقعی، دانسیته توده و درصد تخلخل به ترتیب۱۳۲۶/۶ کیلوگرم بر متر مکعب،۰/۷۹۶۲کیلوگرم بر متر مکعب و ۴۰/۲۷۵۳ درصد و متوسط ضرایب اصطکاک استاتیکی در سطوح تخته سه‌لایه، شیشه، لاستیک، فایبرگلاس و آهن گالوانیزه به ترتیب ۰/۴۳۴۸، ۰/۱۹۴۳، ۰/۴۲۴۴، ۰/۳۲۴۹ و ۰/۳۷۳۹ بود. آرد حاصل از این دانه دارای ۲۴ درصد پروتئین و ۹ درصد چربی بود وظرفیت جذب آب و روغن، به ترتیب۰/۰۱±۲/۰۱ و ۰/۰۳± ۱/۷۷ (گرم آب یا روغن بر گرم نمونه) محاسبه شد. همچنین نتایج نشان داد تغییرات pH در محدوده ۳ تا ۹، میزان حلالیت، ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف و ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون آرد گاودانه موثر بود.

واژه‌های کلیدی: گاودانه، آرد، خواص مکانیکی، خواص عملکردی

مقدمه

در قرن حاضربه دلیل افزایش ناموزون جمعیت بشری و نیز رشد محدود منابع حیوانی، بحث کمبود پروتئین بخصوص در جوامع در حال توسعه بیش از پیش شدت پیدا کرده است (Arogundade *et al*, 2004؛ Kanu *et al*, 2007) بطوری که بمنظور حفظ تغذیه جمعیت جهان در سطح کنونی، ملزم به افزایش مقدار تولید منابع پروتئینی گیاهی و حیوانی خواهیم بود. واضح است که افزایش در تولید پروتئین حیوانی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه امکان‌پذیر نیست، بنابراین به علت کمبود منابع پروتئین حیوانی، تلاشی بی‌وقفه در جهت یافتن منابع جدید پروتئینی و برخورداری از هر دو ویژگی خواص عملکردی و ارزش تغذیه‌ای آنها صورت می‌گیرد (Kanu *et al*, 2007).

حبوبات یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین به‌شمار می‌آیند، که به دلیل برخورداری از مقادیر قابل توجهی از پروتئین مرغوب (۱۷ تا ۳۸ درصد) در دانه این محصولات، در ترکیب با غلات می‌توانند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی را فراهم نمایند. این ترکیبات پروتئینی را می‌توان بصورت آرد، کنسانتره و یا ایزوله پروتئینی مورد استفاده قرار داد (اسدپور و همکاران، ۱۳۸۹؛ Boye *et al*, 2010).

دانه گاودانه (*Vicia ervilia*) با نام عمومی *Bitter vetch* دانه‌ای از خانواده حبوبات است که هنگام شکستن، ظاهری شبیه به عدس قرمز دارد (Farran *et al*, 1998). ارزش غذایی بالای این دانه، توانایی تثبیت نیتروژن خاک و توان رشد در خاک‌های کم‌عمق و قلیایی باعث شده است که این دانه همواره مورد توجه باشد(Belido, 1994). محتوای پروتئینی این دانه بیش از ۲۶/۶۵ درصد است (Sadeghi *et al*, 2004). با توجه به قابلیت تولید این محصول در ایران و دارا بودن درصد پروتئین بالا در این دانه، آردهای حاصل و فرآورده‌های پروتئینی آن می‌تواند از نظر ویژگی‌های عملکردی و قابلیت استفاده در صنعت غذا مورد ارزیابی قرار گیرد.

---

۱ و ۲- به ترتیب استادیار، دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(* - نویسنده مسئول: Email: mtaghizadeh@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.57362

ویژگی عملکردی خصوصیات فیزیکوشیمیایی هستند که بر رفتار محصولات غذایی طی فرآوری، تولید، نگهداری و آماده‌سازی تـأثیر می‌گذارند. از مهم‌ترین ویژگی‌های عملکردی مـی‌تـوان بـه ظرفیـت جذب و نگهداری آب و روغن، حلالیت، ژلاتیناسیون، ویژگی‌های بین سطحی، تشکیل فیلم و کف‌کنندگی اشاره کـرد (عـامری شـهرابی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Kaur and Singh, 2007).

علاوه بر اهمیت ویژگی‌های عملکردی، خواص فیزیکیو مکانیکی دانه‌ها نیز در طراحی فرآیندهای پس از برداشت اهمیت ویژه‌ای دارند؛ به‌عنوان مثال تعیین ابعاد و شکل دانه‌ها در انتخاب مش مناسب الک در فرایندهای جداسازی، تعیین سطح و حجم دانـه‌هـا در محاسـبات مربوط به خشک کردن، زاویه ریپوز و ضرایب اصطکاک دانـه‌هـا بـر روی سطوح مختلف در طراحی سیلوها، مخازن نگهداری و تجهیزات انتقال از قبیل تسمه نقاله‌ها بکار می‌روند. مطالعـات فراوانـی جهـت تعیین خواص فیزیکی محصولات مختلف از قبیل دانه‌هـای بـالنگو و شاهی (محمدی مقدم و همکاران،۱۳۸۷)، دانـه بارهنـگ (رضـوی و همکاران، ۱۳۸۸)، ارقام مختلـف بـرنج (Mir *et al*, 2013)، لوبیـای چیتی (صادقی و همکاران،۱۳۸۹)، نخود (گل‌پیرا و همکاران، ۱۳۸۸) و ۴ رقم اصلاح شده گندم ایرانی (رضـوی و همکـاران، ۱۳۸۵) انجـام شده است.

با توجه به پتانسیل اسـتفاده از ایـن دانـه بـه‌عنـوان یـک منبـع پروتئینی جدید و شرایط بهینه استفاده از آن و عدم وجود تحقیقات در مورد آرد حاصله و ویژگی‌های عملکردی آن، تعیین خواص مکانیکی دانه و ویژگی های عملکردی آرد حاصل از آن ضروری به نظر مـی-رسد.

مواد و روش‌ها

مواد

دانه گاودانه به میزان لازم از بازار محلی شـهرکرد تهیـه شـده و پس از تمیز کردن، مواد زائد و خارجی آن حذف شد و عمل پوسـت-گیری توسط پوست‌گیر دستی صورت پذیرفت. سپس توسط آسیاب به آرد تبدیل و از الک با مش ۳۰ عبور داده شد. آرد الک شده، تا مرحله بررسی خواص عملکردی در دمـای یخچـال (۴ درجـه سـانتی‌گـراد) نگهداری گردید.

بررسی خصوصیات فیزیکی دانه

اندازه‌گیری ابعاد و جرم هزاردانه

ابتدا ۱۰۰ دانه گاودانه بطور تصادفی انتخاب و ابعاد آنهـا شـامل طول (l)، عرض (w)و ارتفاع (h) توسط کولیس دیجیتـال بـا دقـت ۰/۰۰۱سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین حسابی و هندسـی قطـر و ضریب کرویت با استفاده از رابطه محسنین و مساحت سطح با استفاده از رابطه مک کیب تعیین شد (جدول ۱). بمنظورتعیین جرم هزاردانـه، ۱۰۰دانه با ترازوی دیجیتال توزین شد و با ضرب کردن عدد حاصـله در عدد ۱۰، جرم هزاردانه بدست‌آمد (Razaviand Fathi, 2009).

جدول ۱- روابط تعیین برخی خواص فیزیکی

ابعاد مورد اندازه‌گیری	رابطه
میانگین قطر حسابی	$D_a = (l + w + h)/3$
قطر هندسی	$D_g = (l * w * h)^{\frac{1}{3}}$
ضریب کرویت	$\phi = \frac{lwh^{1/3}}{l}$
مساحت	$S = \pi \mathrm{Dg}^2$

دانسیته حقیقی، دانسیته توده و درصد تخلخل

دانسیته واقعی به روش پیکنومتری، با استفاده از حـلال تولـوئن اندازه‌گیری شد. در این روش دانسیته واقعی با استفاده از رابطه (جدول ۲) محاسبه گردید که m جرم دانه‌های ریخته شده (kg) و V_t حجـم مایع جابجا شده (m^3) است (Razavi and Fathi, 2009).

جدول ۲- روابط مورد استفاده در محاسبه دانسیته و درصد تخلخل

ابعاد مورد اندازه‌گیری	رابطه
دانسیته واقعی	$\rho_t = \frac{m}{V_t}$
دانسیته توده	$\rho_b = \frac{m}{V_b}$
درصد تخلخل	$\varepsilon = \left[\frac{(\rho_t - \rho_b)}{\rho_t}\right] \times 100$

اندازه‌گیری دانسیته توده بر اساس روش Razavi and Fathi (2009) و درصد تخلخل دانه با استفاده از رابطه Mohsenin (1978) محاسبه شد که در آن ρ_t دانسیته واقعی و ρ_b دانسیته توده بود(جدول ۲).

ضریب اصطکاک استاتیکی

از سطح شیب‌دار بـا شـیب قابـل تنظـیم بـرای تعیـین ضـرایب اصـطکاک اسـتاتیکی اسـتفاده شـد. سـطوح مختلفـی ازجـنس ورق گالوانیزه، تخته سه‌لایه، شیشه، فـایبرگلاس ولاسـتیک روی سـطح شیب‌دارتعبیه شد و ضرایب اصطکاک استاتیکی بـا اسـتفاده از زاویـه سـرخوردن (α) ازرابطـه(۱) محاسـبه گردیـد (Razavi and Fathi, 2009).

$$\mu_s = \tan\alpha \qquad (۱)$$

زاویه ریپوز تخلیه و پر کردن

زاویه ریپـوز تخلیـه بـا اسـتفاده از یـک جعبـه چـوبی بـه ابعـاد

۱۰×۱۰×۱۰سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.این جعبه دارای درب کشویی در یکی از وجوه جانبی است. ابتدا جعبه با دانه پر شده و سپس درب کشویی به سرعت به طرف بالا کشیده می‌شود ودانه‌ها به بیرون جعبه تخلیه می‌شوند تا یک کپه درون جعبه تشکیل شود. زاویه ریپوز از طریق اندازه‌گیری ارتفاع و فاصله افقی در دو نقطه مشخص کپه و با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$\theta_e = tan^{-1}(\frac{h_2 - h_1}{x_2 - x_1}) \qquad (۲)$$

h_1 و h_2 ارتفاع در دو نقطه مشخص و x_1 و x_2 فاصله افقی بین این دو نقطه است.

زاویه ریپوز پر کردن با استفاده از یک قیف پلاستیکی که در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری سطح قرار گرفته بود اندازه‌گیری شد؛ به این ترتیب که دانه‌ها به آرامی از قیف به بیرون تخلیه می‌شوند و تشکیل یک کپه می‌دهند. ارتفاع در مرکز کپه (H) و قطر آن (D) اندازه‌گیری و در رابطه (۳) قرار گرفت:

$$\theta_f = tan^{-1}(\frac{2H}{D}) \qquad (۳)$$

تعیین ترکیب شیمیایی، شاخص‌های رنگی و خواص عملکردی آرد

به‌منظورتعیین ترکیبات شیمیایی، ترکیب شیمیایی (درصد رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر) نمونه‌ها (دانه گاودانه و آرد پوست‌گیری شده گاودانه) اندازه‌گیری شد (AACC, 2003). محاسبه میزان کربوهیدرات نیز از طریق کسر درصد کلیه ترکیبات از ۱۰۰ انجام شد. کلیه آزمون‌ها با دو تکرار انجام گرفتند.

بررسی مولفه‌های رنگ

مولفه‌های رنگ (L^*،a^* وb^*) نمونه‌های آرد گاودانه پیش و پس از پوست‌گیری با استفاده از رنگ‌سنج دیجیتال (مدلCR- 410، ژاپن) تعیین‌شدند. مولفهL^* بیانگر درجه روشنی نمونه است که می‌تواند مقادیر ۰ تا ۱۰۰ را به‌خود اختصاص دهد. مولفه a^* گستره رنگ سبز (مقادیر منفی) تا رنگ قرمز (مقادیر مثبت) و مولفه b^* نیز گستره رنگ آبی (مقادیر منفی) تا رنگ زرد (مقادیر مثبت) را در بر می‌گیرد، کالیبراسیون اولیه دستگاه با استفاده ازکاشی سفید استاندارد صورت پذیرفت و به‌منظور بررسی مولفه‌های رنگ، نمونه‌ها در یک پلیت پلاستیکی با قطر ۵۸ میلی‌متر و عمق ۱۵ میلی‌متر قرار گرفتند.

حلالیت پروتئین

میزان حلالیت پروتئین آرد حاصله در مقادیرpH بین ۳ تا ۱۰ با استفاده از روش بیورت تعیین شد (Owusu-Apenten, 2002).ابتدا محلول۱/۵ درصددر آب دیونیزه تهیه گردید و به‌منظور بررسی اثر تغییرات pH، تنظیم pH به کمک اسید کلریدریک و یا هیدروکسید سدیم ۰/۵ مولار صورت گرفت. محلول به مدت ۳۰ دقیقه به کمک همزن مغناطیسی، در دمای اتاق هم‌زده شد. نمونه‌ها در ۵۰۰۰×g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردید تا فاز معلق جدا شود. میزان پروتئین موجود در فاز معلق، با استفاده از روش بیورت از طریق مخلوط کردن ۱میلی‌لیتر از نمونه با ۴میلی‌لیتر معرف بیورت و سپس ۲۰ دقیقه قرار دادن در دمای اتاق و به کمک اسپکتروفتومتر (مدل یو وی ۲۶۰۱، شرکت رای لی چین) تعیین گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از محلول سرم‌آلبومین گاوی[1]، در غلظت‌های صفر تا ۱۰ (میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) در معرف بیورت با نسبت ۱ به ۴ رسم گردید.

ظرفیت جذب آب و روغن

برای اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب[2]و روغن[3] آرد از روش Kaur and Singh (2007) با اندکی تغییرات استفاده شد؛ یک گرم آرد داخل یک فالکون توزین شد و ۱۰ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان یا آب مقطر به آرد اضافه گردید و به‌مدت ۲ دقیقه با استفاده از ورتکس (به‌سان، ایران) مخلوط شد. نمونه‌ها پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای اتاق، به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰×g سانتریفوژ شدند. بخش مایع فوقانی دور ریخته شد و نمونه‌ها مجدداً توزین شدند. ظرفیت پیوند با آب و چربی بصورت گرم آب و یا روغن جذب شده به ازای یک گرم آرد و بر حسب درصد گزارش گردید.

ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

ظرفیت کف‌کنندگی با تهیه محلول ۲ درصد آرد در آب مقطر و بر اساس روش Adebowale و همکاران (۲۰۰۵) تعیین شد. به‌منظور بررسی اثر تغییرات pH بر ظرفیت کف‌کنندگی آرد، pH محلول با استفاده از اسیدکلریدریک ۰/۵ نرمال و یا هیدروکسیدسدیم ۰/۵ مولار، در مقادیر ۳، ۴/۵، ۶ و ۹ تنظیم شد. محلول حاصل در pH مورد نظر به‌مدت ۵ دقیقه توسط همزن مغناطیسی با دور ۳۶۰rpm هم‌زده شد و سپس به فالکون یا استوانه مدرج منتقل گردید تا حجم محلول قبل از هم‌زدن اندازه گیری شود (V_0). محلول به‌مدت ۲ دقیقه با دستگاه اولتراتوراکس (مدلتی ۲۵ دیجیتال، شرکت آیکیای آلمان) با دورrpm ۱۰۰۰۰ هم‌زده شد و بلافاصله ارتفاع کف ثبت شد (V_1). میزان ظرفیت کف‌کنندگی با استفاده از رابطه (۴) محاسبه گردید:

$$\text{درصد ظرفیت کف‌کنندگی} = (V_1/V_0) \times ۱۰۰ \qquad (۴)$$

پایداری کف، بصورت میزان کاهش حجم کف پس از ۳۰، ۶۰

1Bovine serum albumin (BSA)
2Water absorbtion capacity
3Oil absorbtion capacity

و۹۰ دقیقه مخلوط کردن بررسی شد. برای این منظور حجم کف باقیمانده در زمان مورد نظر (V_2) ثبت گردید و پایداری کف با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد:

درصد پایداری کف = $(V_2 / V_1)\times$ ۱۰۰ (۵)

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون به‌روش مجذوبی و همکاران (۲۰۱۲) با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد؛ برای این منظور محلول ۲درصد آرد در آب تهیه گردید و سپس به‌منظور بررسی اثر تغییرات pH برظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد، pH درمقادیر ۳، ۴/۵، ۶ و۹ با استفاده ازاسیدکلریدریک و یا سود ۰/۵ مولار تنظیم شد. پس از آن ۵ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان به محلول اضافه گردید و محلول حاصل در pH مورد نظر به‌مدت۳ دقیقه با استفاده از دستگاه اولتراتوراکس (مدلتی ۲۵ دیجیتال،آلمان) با دورrpm ۱۰۰۰۰ هم‌وزن و ارتفاع کل محتویات امولسیون شده ثبت شد (H_0). امولسیون حاصل در g×۱۱۰۰ به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شد و دوباره ارتفاع لایه امولسیون باقیمانده ثبت شد (H_1). ظرفیت امولسیون‌کنندگی (EC) با استفاده از رابطه (۶) محاسبه گردید.

درصد ظرفیت امولسیون‌کنندگی) = $(H_1/H_0)\times$ ۱۰۰ (۶)

همچنین برای محاسبه پایداری امولسیون، نمونه‌ها پس از هم-زدن با اولتراتوراکس و قبل از سانتریفوژ طی مدت زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بدین ترتیب پایداری امولسیون در هر pH اندازه‌گیری شد.

(۷) ۱۰۰× (ارتفاع لایه امولسیون قبل از حرارت/ ارتفاع لایه امولسیفیه بعد از حرارت)= درصد پایداری امولسیون

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

کلیه آزمون‌ها در دو تکرار انجام گرفتند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به‌منظور بررسی اثر تغییرات pH بر خواص عملکردی آرد با استفاده از طرح کاملا تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری $P<0/05$ صورت گرفت، نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) تجزیه و تحلیل شدند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (Excel, 2007) استفاده شد.

نتایج و بحث:

خصوصیات فیزیکی دانه

نتایج اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و مکانیکی در جدول ۳ گزارش شده است.



شکل۱- تصویر دانه گاودانه

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی دانه گاودانه.

ویژگی	تعداد تکرار	میانگین	انحراف معیار
طول (میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۵۶۴	۰/۲۲۳
عرض (میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۶۲۰	۰/۱۸۵
ارتفاع(میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۸۳۶	۰/۲۲۲
میانگین حسابی قطر(میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۶۷۳	۰/۱۸۴
میانگین هندسی قطر(میلی‌متر)	۱۰۰	۳/۶۷۰	۰/۲۲۲
ضریب کرویت	۱۰۰	۱/۰۳۲	۰/۰۳۳
سطح (میلی‌متر مربع)	۱۰۰	۴۲/۴۰۵	۴/۴۱۵
جرم هزار دانه (گرم)	۳	۳۸/۶۹۶	۳/۸۶۵
دانسیته حقیقی (کیلوگرم بر مترمکعب)	۳	۱۳۲۶/۶۰۰	۰/۰۰۹
دانسیته توده (کیلوگرم بر مترمکعب)	۳	۷۹۶/۲۶۰	۰/۰۰۹
تخلخل (درصد)	۳	۴۰/۲۷۵	۰/۶۸۰
ضریب اصطکاک استاتیکی تخته سه لایه	۳	۰/۴۳۵	۰/۰۰۳
ضریب اصطکاک استاتیکی شیشه	۳	۰/۱۹۴	۰/۰۰۳
ضریب اصطکاک استاتیکی لاستیک	۳	۰/۴۲۴	۰/۰۰۳
ضریب اصطکاک استاتیکیفایبرگلاس	۳	۰/۳۲۵	۰/۰۰۳
ضریب اصطکاک استاتیکی ورق گالوانیزه	۳	۰/۳۷۴	۰/۰۰۳
زاویه ریپوز تخلیه(درجه)	۳	۳۳/۹۲۰	۰/۳۹۸
زاویه ریپوز پر کردن(درجه)	۳	۱۹/۲۴۱	۴/۹۰۴

طول، عرض و ارتفاع دانه‌ها به‌ترتیب در دامنه ۳/۱۱ تا ۳/۴،۱۶/۱۸ تا ۴/۳۴ و۳/۳۲ تا ۴/۹۸میلی‌متر بود و همان‌طور که در جدول۳ مشاهده می‌شود طول، عرض و ارتفاع میانگین گاودانه به‌ترتیب ۰/۲۲۳±۳/۵۶۴ ، ۰/۱۸۵±۳/۶۲۰ و ۰/۲۲۲± ۳/۸۳۶ میلی‌متر بدست آمد که در مقایسه با لوبیای چیتی در سه سطح رطوبتی ۸، ۱۲ و ۱۶درصد کوچکتر است (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹) و نیز میانگین طول و عرض گاودانه‌ها کمتر از ماشک ولی ارتفاع گاودانه بیشتر از ضخامت ماشک گزارش شد (Yal-cin and OOzarslan, 2004). قطر حسابی در دامنه ۳/۳۳۸ تا ۴/۴۷۳ و قطر هندسی در دامنه ۳/۳۴۳ تا ۴/۴۸۷ میلی‌متر گزارش شد که از مقادیر مشابه در مورد لوبیای چیتی (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹) کمتر بود.سطح دانه‌ها در دامنه ۳۴/۹۹۱ تا ۶۲/۸۱۷ مترمربع اندازه‌گیری شد که میانگین مقادیر از دانه‌های ماشک در سطوح رطوبتی۱۰/۵۷ تا ۲۰/۶۳ درصد بزرگتر بود (Yal-cin and OOzarslan, 2004). ضریب کرویت گاودانه در دامنه ۱/۰۷۳–۱/۰۷۰ بود که میانگین آن (۰/۰۳۳±۱/۰۳۲) بزرگتر از همین مقدار برای لوبیای چیتی (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹) و ماشک (Yal-cin and OOzarslan, 2004) بود. جرم هزاردانه بین ۳۴/۸۶۵ تا ۴۲/۵۹۵ گرم و میانگین آن ۳/۸۶۵±۳۸/۶۹۶ گرم گزارش شدکه از مقادیر مشابه در مورد ماشک در رطوبت‌های۱۰/۵۷ تا ۲۰/۶۳ درصد کمتر بود (Yal-cin and OOzarslan, 2004).

دانسیته حقیقی، دانسیته توده و تخلخل به ترتیب در دامنه ۱۳۲۲/۸–۱۳۳۱کیلوگرم بر مترمکعب، ۰/۸۰۲–۰/۷۸۶کیلوگرم بر متر مکعب‌و ۴۱/۰۶۰–۳۹/۸۷۹ درصد بودند که میانگین دانسیته حقیقی مشابه با ماشک ولی دانسیته توده ماشک کمی بزرگتر بود. همچنین درصد تخلخل ماشک کمتراز گاودانه بود (Yal-cin and OOzarslan, 2004).

همان‌طور که در جدول۱ مشاهده می‌شود بیشترین میانگین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به تخته سه‌لایه (۰/۰۰۳±۰/۴۳۵) و بعد از آن لاستیک (۰/۰۰۳±۰/۴۲۴) بود که مشخص می‌کند که این سطوح برای انتقال مناسب نیستند. شیشه کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی در بین ۵ سطح دارا بود (۰/۰۰۳±۰/۱۹۴). ضریب اصطکاک استاتیکی لاستیک و آهن گالوانیزه در مورد گاودانه بیشتر از دانه ماشک بود (Yal-cin and OOzarslan, 2004).ضریب اصطکاک محصولات کشاورزی عمدتاً به خصوصیات ماده غذایی شامل مقدار رطوبت، ویژگی‌های سطحی ماده غذایی و سطحی که روی آن حرکت می‌کند و سرعت لغزش بستگی دارد (رضوی و اکبری، ۱۳۹۱). زاویه ریپوز تخلیه و پر کردن به‌ترتیب در دامنه ۳۴/۳۸ –۳۳/۶۰ تا و ۲۶/۵۸۲–۱۶/۵۵۸ قرار داشتند، که از مقادیر مشابه برای نخود بزرگتر بود (گل‌پیرا و همکاران، ۱۳۸۸).

ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی آرد گاودانه در جدول۴ و سایر آردها در جدول ۵ نشان داده شده است. مقدار پوسته دانه گاودانه ۱/۴۸±۱۱/۰۵۶ درصد محاسبه شد.

جدول ٤- درصد ترکیبات شیمیایی آرد گاودانه بر مبنای وزن خشک**

نوع آرد	پروتئین	رطوبت	چربی	خاکستر	کربوهیدرات
آرد بدون پوسته	۲۶/۰±۹۸/۱۶	۱۰/۰±۵۳/۱۲	۱۰/۰±۱۲/۲۴	۳/۰±۳۳/۱۶	۶۱/۰±۴۸/۴۶
آرد با پوسته	۰±۲۶/۲۰	۹/۰±۳۷/۳۲	۹/۰±۹۵/۴۶	۳/۰±۲۰/۱۲	۶۰/۰±۳۲/۵۴

*میانگین ۲ تکرار± انحراف معیار

**درصد پروتئین، چربی، خاکستر و کربوهیدرات بر مبنای وزن خشک محاسبه شد.

جدول۵-درصد ترکیبات شیمیایی آردهای مختلف بر مبنای وزن مرطوب

نوع آرد	پروتئین	رطوبت	چربی	خاکستر	کربوهیدرات	منبع
دانه نخود سبز فرنگی	۲۵/۰±۶/۸۴	_	۱/۰±۸۶/۰۹	۳/۰±۱۰/۱۸	_	Kaur and Singh, 2007
لوبیای سودانی	۰±۲۴/۶۷	_	۰/۰±۸۷/۰۸	۳/۰±۳۱/۱۹	_	Kaur and Singh, 2007
آرد عدس	۳۸/۹۸	۸/۳۰	۲/۴۳	۲/۹۵	_	اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰
سویا چربی گیری شده	۵۵/۵	۸/۸	۰/۹	۷	۲۷/۸	Sosulski *et al*, 1976
آرد نخود	۴۳/۴۳	۵/۱۱	۵/۱۷	۳/۱۰	_	اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰
آرد لوبیا قرمز	۳۲/۷۰	۸/۱۰	۱/۶۰	۴/۰۸	_	اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰

*میانگین ۲ تکرار± انحراف معیار

مقدار درصد پروتئین در آرد گاودانه (۲۶/۰±۹۸/۱۶) محاسبه شد که با توجه به مقدار بالای پروتئین، آرد حاصل و فراورده‌های پروتئینی آن می‌توانند به عنوان جایگزین پروتئین‌های حیوانی مطرح باشند.همان‌طور که در جدول‌های۴ و ۵ مشاهده می‌شود، این مقدار کمتر از مقادیر درصد پروتئین در آرد دانه‌های نخود، لوبیای چیتی، عدس و لوبیای قرمز (اسدپور و همکاران، ۱۳۸۹) و بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط Kaur و همکاران (۲۰۰۷) برای نخود فرنگی و لوبیای سودانی بود. همچنین مقدار درصد چربی در دانه گاودانه بیشتر از مقادیر گزارش شده برای این دانه‌ها در نتایج اسدپور و همکاران (۱۳۸۹) بود. البته نقش کیفیت پروتئین در ویژگی‌های عملکردی بالاتر از کمیت آن است و میزان بالای پروتئین دلیل بر بهتر بودن ویژگی‌های عملکردی آن نیست بلکه به سایر ترکیبات موجود در نمونه نظیر چربی، کربوهیدرات و غیره نیز وابسته است. علاوه بر این کیفیت و آرایش فضایی پروتئین و میزان اسیدهای آمینه آب‌دوست و آب‌گریز از شاخص‌های اصلی در تعیین ویژگی‌های عملکردی می‌باشند (اسدپور و همکاران، ۱۳۹۰؛ Boye *et al*, 2010).

بررسی پارامترهای رنگ

یکیاز پارامترهای مهم در مورد آرد و فرآورده‌های پروتئینی نظیر کنسانتره و ایزوله پروتئینی، رنگ آنها می‌باشد. پارامتر *L نشان‌دهنده درجه روشنی می‌باشد و مقادیر ۰ تا ۱۰۰ را می‌تواند به خود اختصاص دهد، هرقدر میزان *L بیشتر باشد نشان‌دهنده روشن‌تر بودن رنگ است (Kaur and Singh Sandha, 2010).

جدول ٦- پارامترهای رنگ آرد گاودانه

نمونه / پارامتر رنگ	L*	a*	b*
آردگاودانه بدون پوسته	۸۸/۲±۲۸/۴۸[a]	۲/۱۲ ۰±/۰۵[a]	۲۲/۲±۷۱/۴۰ [a]
آرد گاودانه با پوسته	۸۲/±۵۸ ۱/۶۶[b]	۱/۷۱ ۰±/۰۱[b]	۲۱/±۲۲ ۱/۸۶[b]

با توجه به مقادیر گزارش شده در جدول ۶ مولفه *L آرد بدون پوسته بیشتر است که نشان دهنده روشن‌تر بودن این آرد در صورت حذف پوسته می‌باشد. پوسته دانه‌ها حاوی قسمت عمده خاکستر و رنگدانه‌ها می باشند که با حذف این قسمت رنگ آرد روشن‌تر می‌شود. همچنین با حذف پوسته دانه‌ها مولفه‌های*a و*b آرد تغییر می‌کند، زیرا پوسته دانه رنگ مایل به قهوه‌ای دارد و حذف پوسته سبب مشخص‌تر شدن رنگ زرد و نارنجی بخش‌های داخلی دانه می‌گردد. در جدول ۷ مولفه‌های رنگی آرد برخی دانه‌ها گزارش شده است که با مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با مقادیر گزارش شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که آرد گاودانه بدون پوسته از نظر روشنایی (L) مشابه آرد نخود و سویا بوده، از آرد شنبلیله روشن‌تر اما از آرد عدس درجه روشنایی کمتری داشت. از نظر پارامتر*a آرد حاصل از این دانه دارای رنگ قرمز و مشابه مقدار گزارش شده برای آرد نخود بود که با توجه به ظاهر قرمز رنگ مغز دانه دور از انتظار نیست. از نظر پارامتر *b نیز دارای رنگ زرد مشابه مقادیر گزارش شده برای آرد نخود و سویا بود. می‌توان دلیل این تفاوت‌ها را در بین آردهای مختلف به میزان و نوع ترکیبات تشکیل‌دهنده و همین‌طور نوع رنگدانه‌های موجود در این آردها نسبت داد. آردهایی که تا حدی باعث ایجاد رنگ قهوه‌ای شوند به‌منظور کاربرد در نان‌ها و پنکک‌ها مطلوب می‌باشند و آردهایی که به بی‌رنگ شدن محصول کمک کنند در برخی نان‌ها قابل کاربرد هستند (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲). بر این اساس می‌توان از آرد گاودانه در برخی نان‌ها که رنگ روشن‌تری در آنها مطلوب است، استفاده نمود.

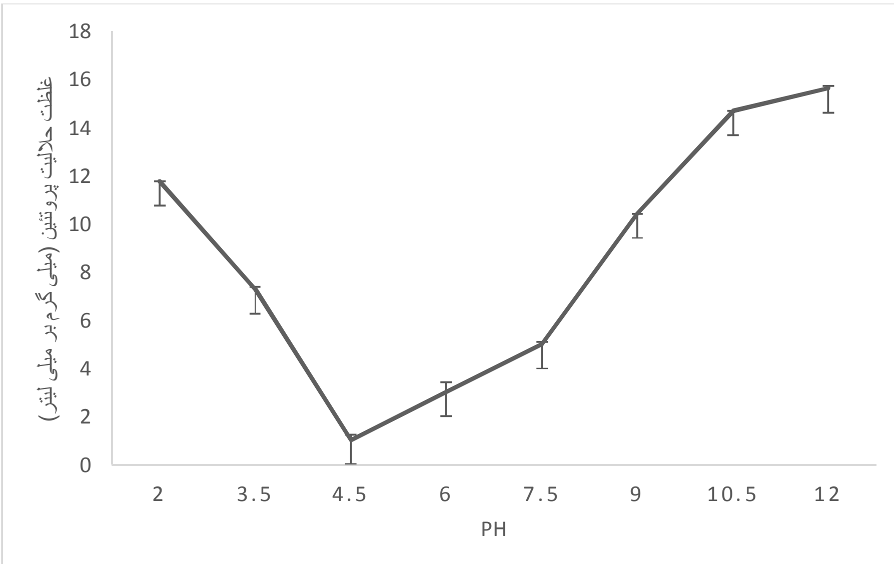
جدول ۷- پارامترهای رنگ آردهای مختلف

نمونه / پارامتر رنگ	L*	a*	b*	منبع
آرد عدس	۹۱/۴	۱/۱۵-	۸/۴	شکرالهی یانچشمه و همکاران، ۱۳۹۲
آرد شنبلیله	۷۸/۹۱	۱/۰۷-	۲۹/۸۳	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲
آرد سویا	۸۷/۲۶	۰/۳۳-	۲۲/۸۱	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲
آرد نخود	۸۶/۳۸	۲/۹۶	۱۹/۸۷	Joshi *et al*, 2015

حلالیت پروتئین

حلالیت پروتئین به عنوان اولین شاخص اندازه‌گیری ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌ها مطرح است (اسدپور و همکاران، ۱۳۸۹) و به خواص پروتئین و حلال، pH، غلظت و بار الکتریکی یون‌های دیگر و دما بستگی دارد (Vadivel and Janardhanan, 2001). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود حلالیت پروتئین آرد مورد بررسی در این پژوهش، کاملا وابسته به تغییرات pH می‌باشد.در این بررسی شاهد روند U شکل پروفایل حلالیت در محدوده pH ۱۲-۲ و گستره وسیعی از حلالیت در این دامنه بودیم. بیشترین میزان حلالیت پروتئین (۱۵/۶۲۲mg/ml) در pH معادل۱۲و کمترین میزان حلالیت (۱/۰۴۱mg/ml) در pH=۴/۵ مشاهده شد. pH=۴/۵ نقطه حداقل حلالیت پروتئین‌های موجود بود (شکل ۲). pH بین ۵-۴ در اکثر منابع نقطه حداقل حلالیت گزارش شده است و از طرفی مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که پروتئین‌ها دارای حداقل حلالیت در ناحیه ایزوالکتریک می‌باشند (Adebowale *et al*, 2005؛ Sathe and Salunkhe, 1981). بنابراین pH=۴/۵ را می‌توان به‌عنوان نقطه ایزوالکتریک پروتئین آردهای موجود در نظر گرفت. نکته قابل توجه در نمودار که با نتایج اکثر مطالعات مطابقت دارد، افزایش مقدار پروتئین محلول با کاهش pH از نقطه ایزوالکتریک به سمت pH

اسیدی است، البته حلالیت در محدوده pH قلیایی بالاتر از اسیدی بود. با افزایش یا کاهش pH از نقطه‌ی ایزوالکتریک، دافعه الکترواستاتیک زیاد شده و در نتیجه حلالیت افزایش می‌یابد. همچنین در این حالت میزان زنجیره‌های جانبی آب‌گریز کاهش یافته و آب-گیری یونی به‌ویژه در مقادیر بالاتر pH افزایش می‌یابد (Damodaran, 1996). در مورد آردها احتمالا pHهای قلیایی در افزایش گروه‌های هیدروفیل در سطح پروتئین مؤثرتر از pHهای اسیدی عمل کرده‌اند. این یافته‌ها مشابه نتایج بیان شده توسط محققان مختلف است (اسدپور و همکاران، ۱۳۸۹؛ فیضی و همکاران، ۱۳۹۲؛Kaur and Singh, 2007؛Lawal, 2004؛ Kaur and Singh Sandha, 2010).



شکل۲-مقادیر پروتئین محلول آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH

ظرفیت جذب آب و روغن

ظرفیت جذب آب، بیانگر توانایی اجزا در تجمع و گیرانداختن مولکول آب در شرایطی است که محدودیت میزان آب وجود دارد. این ویژگی عملکردی به ترکیب اسیدهای آمینه، آرایش فضایی پروتئین، میزان آب‌دوستی و آب‌گریزی پروتئین، حضورکربوهیدرات-های آب‌دوست و فیبر خام بستگی دارد (Sikorski, 2002؛ Seena and Sridhar, 2005؛ Yu *et al*, 2007؛ Wu *et al,* 2009). همچنین جذب آب با افزایش میزان چربی در نمونه کاهش می‌یابد، زیرا وجود چربی باعث پوشاندن مکان‌های قابل اتصال با آب و کاهش بخش‌های در دسترس برای اتصال گروه‌های هیدروفیل با آب می‌شود (Adebowal *et al*, 2005 ؛Heywood *et al*, 2002).

در این پژوهش قابلیت جذب آب آرد بدون پوسته گاودانه به میزان ۰/۰۱±۲/۰۱ گرم آب بر گرم آرد بود؛ این در حالی است‌که مقادیر به‌دست آمده توسط El-Adaway و Taha (۲۰۰۱) در گستره گزارش‌شده برای آرد چربی‌گیری شده هندوانه و کدو به ترتیب ۲/۵۵ و ۲/۵۱ گرم آب در گرم نمونه بود. فیضی و همکاران (۱۳۹۲) نیز ظرفیت جذب آب آرد شنبلیله و سویا را به‌ترتیب ۱/۷۵و ۲/۶ میلی‌لیتر بر گرم آرد عنوان کردند. در جدول ۸ مقادیر جذب آب در آرد دانه‌های مختلف قابل مشاهده است. همانطور که از جدول مشاهده می‌شود، مقدار جذب آب بدست آمده برای آرد دانه گاودانه از آرد مراما، شنبلیله، نخود و عدس، اما از آرد سویا کمتر است که این نشاندهنده قابلیت مناسب استفاده از آرد گاودانه می‌باشد.این تفاوت را می‌توان به تفاوت در درصد متفاوت ترکیبات تشکیل‌دهنده آرد و احتمالا تفاوت در نوع اسیدهای آمینه نسبت داد.

جذب روغن یک پدیده‌ی فیزیکی است که تحت عنوان محبوس شدن فیزیکی روغن تعریف می‌شود و آن را به زنجیره‌های غیرقطبی پروتئین و همچنین به شکل فضایی پروتئین نسبت می‌دهند (Kinsella, 1979؛ Kaur and Singh, 2007؛ Traynham *et al*, 2007). بالا بودن ظرفیت جذب روغن پارامتر مهمی است که به قابلیت نگهداری عطر و طعم در مواد غذایی و بهبود خصوصیات امولسیون‌کنندگی کمک می‌کند (Kinsella, 1979). ظرفیت جذب روغن آرد بدون پوسته گاودانه ۰/۰۳±۱/۷۷ گرم آب بر گرم آرد بدست آمد. این میزان از مقادیر گزارش شده توسط رواقی و همکاران (۱۳۸۹) برای آردهای سویا با درصد چربی مختلف (۱/۳۰ – ۱/۰۹

گرم/ گرم) و ایزوله پروتئین تجاری سویا (۱/۲۶ گرم برگرم) توسط Amza و همکاران (۲۰۱۱) بیشتر، اما از مقادیر گزارش شده برای آرد کدو و هندوانه (به ترتیب ۳/۸۵ و ۳/۸۹ میلی‌لیتر روغن/ گرم آرد) توسط El-Adaway و Taha (۲۰۰۱) کمتر بود.همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌گردد این میزان متناسب با مقدار گزارش شده برای آرد شنبلیله (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲) و سویا (Maruatona *et al*, 2010) است. مقدار بدست آمده از مقادیر گزارش شده برای آرد عدس و نخود (Du *et al*, 2012) بیشتر اما از نتیجه بدست آمده توسط Maruatona و همکاران (۲۰۱۰) برای آرد مراما کمتر بود.

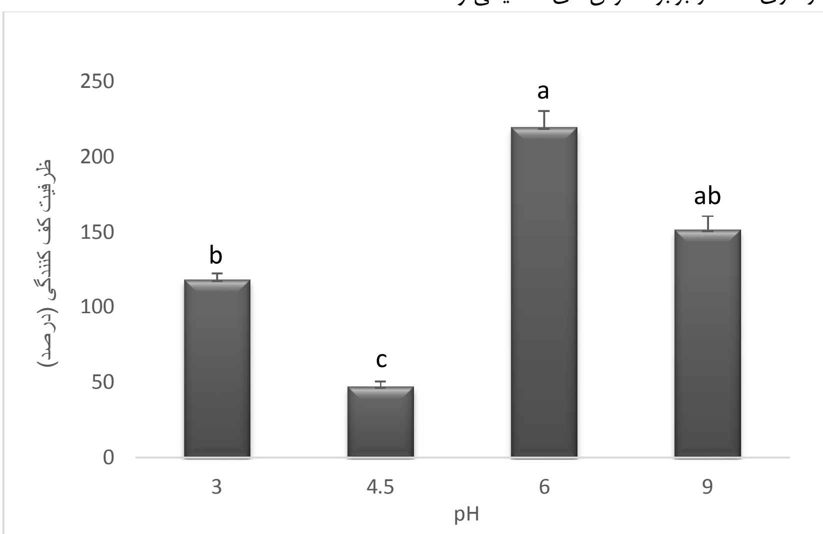
جدول ۸- ظرفیت جذب آب و جذب روغن آرد حبوبات مختلف

نوع آرد	ظرفیت جذب آب	ظرفیت جذب روغن	منبع
سویا	۴/۳	۱/۸±۰/۱	Maruatona *et al*, 2010
ماراما	۱/۵	۲/۷±۰/۱	Maruatona *et al*, 2010
شنبلیله	۱/۷۵ ±۰/۳۵	۱/۷۷ ±۰/۰۳	فیضی و همکاران، ۱۳۹۲
عدس	۱/۳۳±۰/۰۲	۰/۹۳	Du *et al*, 2012
نخود	۱/۱۹± ۰/۰۱	۱/۱۰±۰/۰۲	Du *et al*, 2012

ظرفیت کف‌کنندگی و پایداری کف

کف در موادغذایی شامل پراکندگی حباب‌های گاز در داخل یک فاز مایع و یا یک فاز نیمه جامد پیوسته است. خاصیت کف‌کنندگی به‌عنوان درصد افزایش حجم ناشی از زدن تعریف می‌گردد و معمولاً در ایجاد خصوصیات رئولوژیکی مطلوب در موادغذایی نظیر بافت نان، کیک، خامه زده‌شده و بستنی نقش اساسی دارد و پایداری کف به توانایی پروتئین برای پایدارسازی کف در برابر استرس‌های مکانیکی و گرانش اتلاق شده و بصورت تغییر در حجم کف در طول یک بازه زمانی خاص (۹۰-۰ دقیقه) تعریف می‌گردد (Oladele & Aina, 2007) دلیل ایجاد کف در آرد مربوط به وجود پروتئین‌های فعال سطحی است (Kinsella, 1979).

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که مقادیر مختلف pH اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های کف‌کنندگی دارد. قدرت کف‌کنندگی آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH در نمودار زیر نمایش داده شده است.



شکل۳-مقادیر ظرفیت کف‌کنندگی آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود قدرت کف‌کنندگی آرد در pH= ۴/۵ کمترین و در pH=۶ دارای بیشترین مقدار می‌باشد. دلیل کاهش قدرت کف‌کنندگی در pH= ۴/۵ فشردگی پروتئین‌ها در pH ایزوالکتریک بیان شده است که با نتایج اسدپور و همکاران (۱۳۹۰)، El Nasri and El Tinay(2007) و Lawal (2004) همخوانی داشت. دور شدن از نقطه ایزوالکتریک و افزایش بار خالص پروتئین، احتمالا به انعطاف‌پذیری بیشتر پروتئین کمک کرده و مانع برهم‌کنش‌های هیدروفوب– هیدروفوب بین مولکول‌های پروتئین می‌گردد و باعث می‌شود پروتئین راحت‌تر به سطح بین دو فاز منتقل شده و حباب‌های هوا را محصور نماید و باعث افزایش ظرفیت کف-

کنندگی‌گردد (اسدپور و همکاران،۱۳۹۰).

ظرفیت کف‌کنندگی برای آرد گاودانه در pH=۶ بـه میـزان ۲۱۹ درصد محاسبه گردید. در حالی‌که این ویژگی به ترتیب ۶۸، ۶۴/۵، ۴۷ و ۳۵/۵ درصد گزارش شـده اسـت. وجـود اخـتلاف مقـادیر ظرفیـت کف‌کنندگی به مقدار و نوع پروتئین‌های محلول و نیز مقدار لیپیدهای قطبـی و غیـر قطبـی آن‌هـا نسـبت داده شـده اسـت (اسـدپور و همکاران،۱۳۹۰).

پایداری کف حاصل از آرد گاودانه در۴ سطح pH و تابعی از زمان در شکل ۴ نشان داده شده است.همان‌طـور کـه مشـاهده مـی‌شـود، پایداری کف در تمامی سطوح pH با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

علاوه بر این بیشترین میزان پایداری کف درمورد آرد گاودانه در pH=۴/۵ مشاهده گردید. پایداری در pH ایزوالکتریک را می‌توان بـه صفر بـودن برآینـد بـار الکتریکـی در pI[4]، کـاهش نیروهـای دافعـه الکتروسـتاتیک، افـزایش پایـداری و اسـتحکام بـرهم‌کـنش‌هـای هیدروفوب–هیدروفوب بین مولکول های پروتئین و در نتیجـه ایجـاد یک لایه ویسکوز و پایدار اطراف حباب های هوا نسبت داد. می‌تـوان عنوان کرد بین قدرت کف‌کنندگی و پایداری کـف رابطـه معکوسـی وجود دارد و آردهایی که قدرت کف‌کنندگی بالایی دارند حباب‌هـای بزرگتر با دیواره‌ای از فیلم پروتئینی با قدرت انعطاف‌پذیری کمی ایجاد می‌کنند که این کف‌ها سریع‌تر متلاشی می‌شوند و پایـداری کمتـری دارند. این نتایج با یافته‌های Lawal (۲۰۰۴) درمورد ایزوله پـروتئین لوبیـای لوکـاس، و همچنـین اسـدپور و همکـاران (۱۳۹۰) در مـورد آردهای عدس، نخود، لوبیا قرمز و لوبیا چیتی و نیز یافته‌های محققانی نظیر Seena and Sridhar(2005) و Arogundade (2004) هـم‌خوانی داشت.

ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون

تولید امولسیون و پایداری آن در سیستم‌های غذایی مانند سس‌های سالاد اهمیت دارد. پروتئین‌ها از اسیدهای آمینه باردار، اسیدهای آمینه قطبی غیرباردار و آمینواسیدهای غیرقطبی تشکیل شده‌اند که به پروتئین ویژگی امولسیفایری می‌بخشد. ظرفیت امولسیون‌کنندگی یک پروتئین کامل به تعادل بخش‌های هیدروفیل- هیـدروفوب بسـتگی دارد و بنابراین وابسته به pH است؛ علاوه برآنpH قلیایی اثر بیشتری نسبت بهpH اسیدی دارد (Ragab *et al,* 2003).

بررسی آنالیز واریانس داده‌هانشان داد اثر ۴ سطح مختلف pH بر ظرفیت امولسیون‌کنندگی نمونه‌ها معنی‌دار است (P<0.05). با توجـه به شکل ۵، کمترین مقدار امولسیون‌کننـدگی در pH=۴/۵ مشـاهده شد که نزدیک به pH ایزوالکتریـک اسـت. ایـن مشـاهده بـا نتـایج El Nasri and El Tinay(2007) در مورد ایزوله پـروتئین شـنبلیله، Lawal (2004) در مورد ایزوله پـروتئین لوبیـای لوکاسـو، اسـدپور و همکاران (۱۳۹۰) در مورد آرد حبوبات مختلف هم‌خوانی داشت. دلیل کاهش ظرفیـت امولسـیون‌کننـدگی در نقطـه ایزوالکتریـک کـاهش حلالیت پروتئین در این نقطه عنوان شده است (فیضـی و همکـاران، ۱۳۹۲). همچنین ظرفیت امولسیون‌کنندگی با مقدار پروتئین‌های حل شونده در محلول مـرتبط اسـت (El Nasri and El Tinay, 2007؛ Ragab *et al*, 2003). کاهش حلالیـت منجـر بـه کـاهش سـرعت مهاجرت پروتئین به سمت لایه بین سطحی آب و روغن شده و میزان جذب پروتئین در لایه بین سطحی کاهش می‌یابد. به همین دلیل با کاهش غلظت پروتئین در لایه بین سطحی فعالیت امولسیون‌کنندگی کاهش می‌یابد (Piornos *et al*, 2015).

بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد گاودانه درpH=۹ مشاهده گردید که دقیقا منطبق بر نمودار حلالیت پروتئین (شکل ۲) می‌باشد. این نتایج با نتایج پژوهش اسدپور و همکاران (۱۳۹۰) روی آرد لوبیای قرمز و نتایج Adebowal (۲۰۰۵) روی آرد سه نوع حبوبات مطابقت دارد.

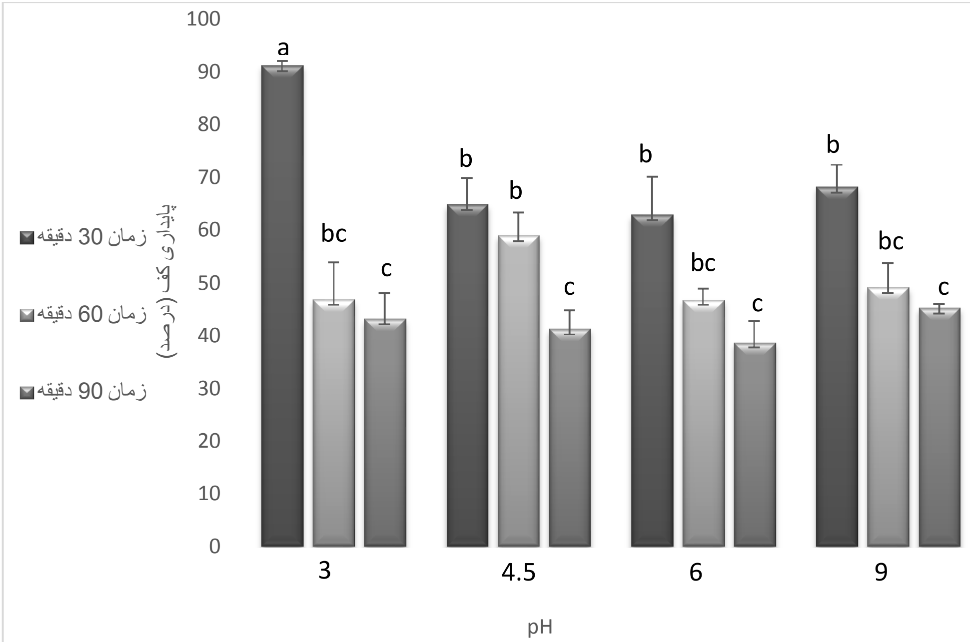
پروتئینی که قابلیت حل‌شوندگی بیشتری دارد به سرعت به لایه بین سطحی روغن–آب مهاجرت کرده و ایجاد امولسیون پایداری می‌کند. در pHهای قلیایی شـدید نظیـر pH=۹ بـه دلیـل افـزایش بـار سطحی و درنتیجه حلالیت به میزان زیادی افزایش می‌یابد و باعـث می‌گردد پروتئین در فاز آبی از پایداری بیشتر و سـطح انـرژی کمتـر برخوردار باشد و باعـث کـاهش کشـش‌سـطحی و افـزایش ظرفیـت امولسیون‌کنندگی گردد

در مورد پایداری امولسیون، اثـر زمـان‌هـای ۳۰ و ۶۰ دقیقـه بـر پایداری امولسیون معنی‌دار بود (P<0.05). همان‌طور که در شـکل ۶ مشاهده می‌شود با گذشت زمان، پایداری امولسیون کاهش می‌یابد که علت این کاهش می‌تواند بهم پیوسـتن ذرات فـاز پراکنـده (قطـرات روغن) در طی زمان باشد. در مورد اثر pH بر پایـداری امولسـیون‌هـا نتایج نشان داد مقادیر پایداری درpH قلیـایی بیشـتر از pH اسـیدی است به‌طوری‌که این پایداری درpH=۹ اختلاف معنی‌داری بـا سـایر pHها دارد. در pH ایزوالکتریـک نیروهـای دافعـه پـروتئین ضـعیف می‌باشند و ذرات امولسیون تمایل به بهـم پیوسـتگی و انعقـاد دارنـد بنابراین امولسیون پایداری ضعیفی ایجاد می‌کنـد. Lawal (۲۰۰۴) و فیضی و همکاران (۱۳۹۲) نیز بیان کردند کمترین پایداری امولسیون در نقطه pI می‌باشد. Lawal (۲۰۰۴) علت احتمالی کاهش پایـداری امولسیون در pI را کاهش بیش از اندازه نیروهای دافعه در این pH و در نتیجه تشدید اتصال، تجمـع و نهایتـا لختـه‌شـدن مولکـول‌هـای پروتئین بیان داشت. تغییرات pH و تغییر در گروه‌های باردار می‌تواند به بهبود خاصیت آبگریزی سطحی کمک نماید.

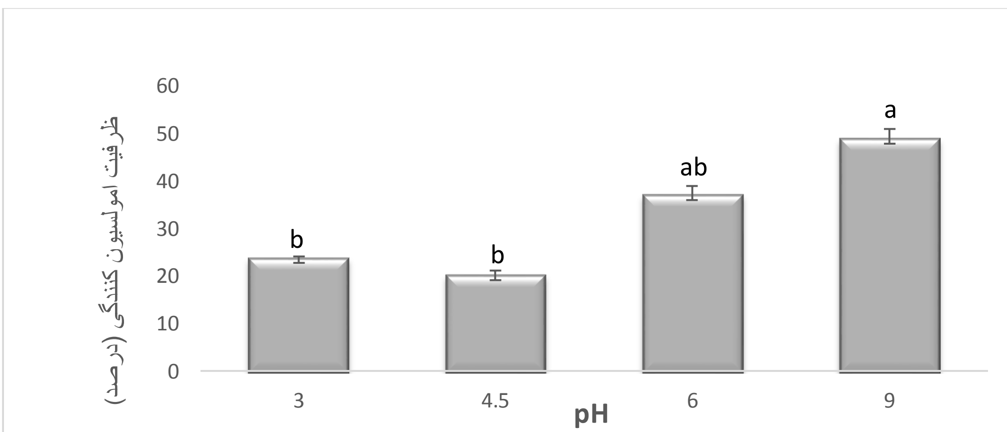
در pHهای قلیایی شدید نظیر ۹ حلالیت به میزان زیادی افزایش می‌یابد و باعث می‌گردد پروتئین در فاز آبی از پایداری بیشتر برخوردار

4Isoelectric point

باشد و با کاهش کشش‌سطحی منجر به افزایش پایداری امولسیون- شود.



شکل٤-مقادیر پایداری کف آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH و زمان



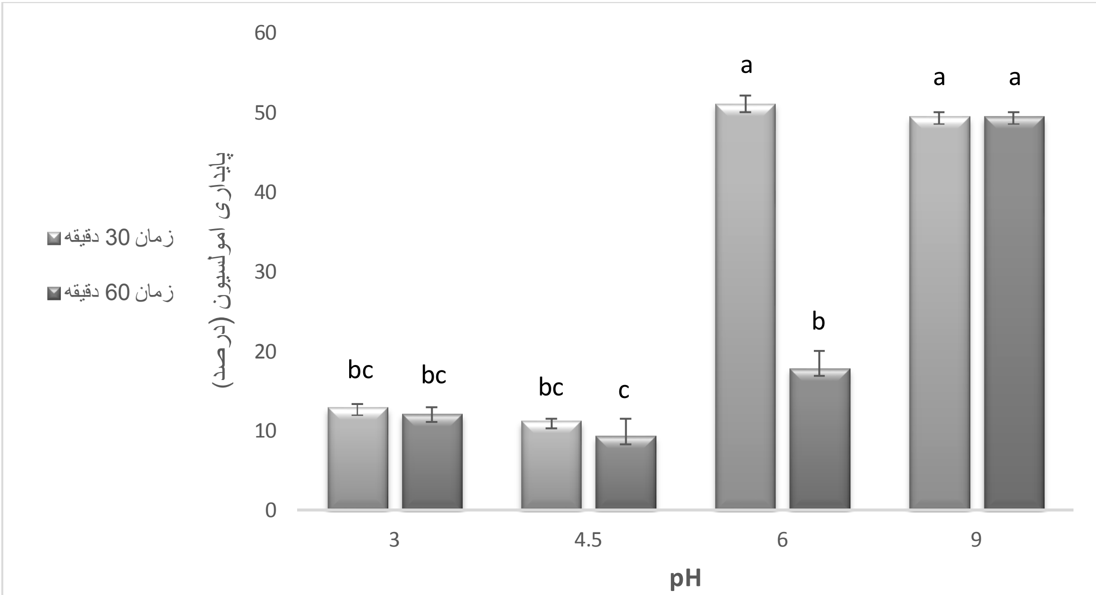
شکل۵-مقادیر ظرفیت امولسیون‌کنندگی آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH

علاوه بر این در pHهای شدید قلیایی یا اسیدی، بدلیل دناتوره شدن پروتئین، چسبندگی بین فاز آب و چربی افزایش یافته و استحکام لایه بین آب و روغن بیشتر می‌شود (Lawal *et al*, 2004)

همچنین در این H ها به‌دلیل افزایش ویسکوزیته ناشی از واکنش‌های بین پروتئینی، استحکام فیلم پروتئینی تشکیل شده در فضای بین دو فاز افزایش یافته و در نهایت پایداری امولسیون افزایش می‌یابد (Lawal *et al*, 200)

هرچه بار الکتریکی اطراف ذرات چربی زیاد باشد نیروهای دافعه، انعقاد آنها را به تعویق می‌اندازند و بنابراین پایداری حاصل می‌گردد (Piornos *et al*, 2015). ارتباط بین پایداری امولسیون و pH مانند رابطه بین حلالیت پروتئین و pH می‌باشد که با نتایج مطالعات Ragab و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت داشت. Zayas Hung and (۱۹۹۱) عوامل متعددی شامل pH، اندازه ذرات، بار خالص، ویسکوزیته، تنش بین سطحی و ساختار[5] پروتئین را بر پایداری امولسیون مؤثر می‌دانستند.

[5]conformation



شکل٦-مقادیر پایداری امولسیون آرد گاودانه در مقادیر مختلف pH و زمان

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با هدف شناخت گاودانه و آرد حاصل از آن، به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مکانیکی دانه و نیز ویژگی‌های عملکردی آرد حاصله پرداخته شد. در بخش اول، خصوصیات مکانیکی رایج شامل: ابعاد، قطر حسابی و هندسی، ضریب کرویت، دانسیته و تخلخل و متوسط ضرایب اصطکاکی در لایه‌های مختلف اندازه گیری و با سایر دانه‌ها مقایسه گردید. این دانه دارای پوسته خاکستری رنگ و مغز نارنجی بود. میزان پروتئین و چربی آن به‌ترتیب ۲۶ درصد و ۹ درصد بدست آمد. بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک منبع پروتئینی بالقوه مورد بررسی‌های بیشتر قرار گیرد. در بخش دوم خواص عملکردی آرد و اثر pH بر این خواص مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد آرد حاصل دارای ویژگی‌های عملکردی مطلوب و قابل مقایسه با سایر حبوبات می‌باشد. علاوه بر این نتایج نشان داد ویژگی‌های عملکردی تحت تاثیر pH بوده و با دور شدن از نقطه ایزوالکتریک و افزایش حلالیت پروتئین، بجز ویژگی پایداری کف، سایر ویژگی‌های عملکردی روند افزایشی داشتند. بنابراین با تغییر pH، می‌توان برخی از خواص را برای مصارف خاص، بهبود داد.

منابع

AACC.American Association of Cereal Chemists.Approved Method.2003. 08-03,8th ed., St. Paul, MN, USA.

Adebowale, Y. A., Adeyemi, I. A., and Oshodi, A. A. 2005.Functional and physicochemical properties of flours of six Mucuna species. *African Journal of Biotechnology* 4 (12): 1461-1468.

Ameri Shahrabi A., Badii F. , Ehsani M.R., Maftoonazad N., Sarmadizadeh D., 2011. Functional and thermal properties of chickpea and soy-protein concentrates and isolates. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*. 6(3). 49-58.

Amza, T. Amadou, I. Zhu, K. and Zhou, H. 2011. Effect of extraction and isolation on physicochemical and functional properties of an underutilized seed protein: Gingerbread plum (Neocarya macrophylla). *Food Research International*, 44: 553 – 559.

Arogundade L.A., Akinfenwa M.O., and Salawu A.A. 2004.Effect of NaCl and its partial or complete replacement with KCl on some functional properties of defatted Colocynthis citrullus L. seed flour. *Food Chemistry*, 84: 187–193.

Assadpour, E.; Jafari, S. M.; Mahoonak, A. S.; Ghorbani, M., 2010. Evaluation of Protein Solubility and Water and Oil Holding Capacity of the Legume Flours, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6(3), 184-192.

Assadpour, E.; Jafari, S.M.; Mahoonak, A.S.; Ghorbani, M., 2011. Evaluation of emulsifying and foaming capacity of the legume flours and the influence of pH and ionic strength on these properties, *Iranian Food Science and*

*Technology Research Journa*l, 7(1), 80-91.
Belido, L. 1994. Legumes for animal feed.http://www.hortprudue.edu./new crop/1492/legume-animal.Html.
Boye J, Zare F, Pletch A. 2010a. Pulse protein: Processing, characterization, functional properties and application in food and feed. *Food Research International*, 43: 414–431.
Boye J.I., Aksay S., Roufik S., Ribéreau S., Mondor M., Farnworth E., Rajamohamed S.H. 2010b.Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultra filtration and isoelectric precipitation techniques. *Journal of Food Research International*, 43: 537 –546.
Coffman, C. W., & Garcia, V. V. 1977. Functional properties and amino acid content of protein isolate from mung bean flour. *Journal of Food Technology*, 12, 473–484.
Damodaran, S. 1996. Functional properties. Food proteins: properties and characterization. VCH, New York, pp 167–234.
Du, S., Jiang, H., Yu, X., Jane, J. 2012.Physicochemical and functional properties of whole legume flour. LWT - *Food Science and Technology*, 55, 308-313.
El Nasri, N. A., & El Tinay, A. H. 2007. Functional properties of fenugreek (Trigonella foenum graecum) protein concentrate. *Food Chemistry*, 103, 582–589.
El-Adaway, T. A., &Taha, K. M. 2001.Characteristics and compositionof Watermelon, Pumpkin, andPaprika seed oils and flours.*Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 1253-1259.
Farran, M.T., Dakessian, P.B., Uwayjan, M.G., Seliman, F.T., Adada, F.A., and Ashkarian, V.M.1998. Performance of broilers and layers fed high levels of treated vetch (Vicia sativa) seeds. *Poultry Science*.74:1630–1635.
Feizi S., Varidi M., Zare F. and Varidi M.J., 2013. Investigation of chemical composition, color parameters, and functional properties of Fenugreek flour and comparison with soybean flour. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 2(2), 121-138.
Golpira H, Tavakoli T., Khoshtaghaza M., Minaei S., 2009. Determination of some mechanical properties of pea for use in designing of harvesting machines. *Journal of Agricultural Science*, 19(2). 1-9.
Heywood, A.A. Myers, D.J. Bailley, T.B. Johnson, L.A. 2002. Functional Properties of Low-Fat Soy Flour Produced byan Extrusion-Expelling System.*Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79: 1249- 1253.
Hung, S. C., & Zayas, J. F. 1991.Emulsifying capacity and emulsionstability of milkproteins and corn germ protein flour.*Journal of Food Science*, 56, 1216–1223.
Joshi, A. U., Liu, C., Sathe, S. K. 2015. Functional properties of select seed flours.LWT - *Food Science and Technology* 60: 325-331.
Kanu, P. J., Kerui, Z., Ming, Z. H., Haifeng, Q., Kanu, J. B., and Kexue, Z. 2007. Sesame protein: Functional properties of sesame (Sesamum indicum L.) protein isolate as influenced by PH, temperature, time and ratio of flour to water during its production. *Asian Journal of Biochemistry*, 5: 289-301.
Kaur, M., Singh Sandha, K. 2010.Functional, thermal and pasting characteristics of flours from different lentil (Lens culinaris) cultivars.journal of food science and technology-mysore 47(3):273–278.
Kaur, M., Singh, N.2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea cultivars. *Food Chemistry*, 102: 366-74.
Kinsella, J. E. 1979. Functional properties of soy protein. *Journal of American Oil Chemists Society*, 56: 242–249.
Lawal, O. S. 2004, Functionality of African locust bean (Parkia biglobossa) protein isolate: effects of pH, ionic strength and various protein concentrations. *Food Chemistry*, 86: 345-355.
Majzoobi, M.., Abedi, E., Farahnaki, A., Aminlari, M. 2012. Functional properties of acetylatedglutenin and gliadin at varying pH values. *Food Chemistry*, 133 :1402‑1407.
Maruatona, G. N., Duodu, K. G., Minnaar, A. 2010. Physicochemical, nutritional and functional properties of marama bean flour. *Food chemistry*, 121, 400-405.
Mir, S. A., Bosco, S. J. D. Sunooj, K. V.2013. Evaluation of physical properties of rice cultivars grown in the temperate region of India. *International Food Research Journal* 20(4): 1521-1527.
Mohammadi-moghadam A., Razavi S.M.A., and Niknia S., 2008. Study on physical properties of Balango and Shahi seeds. Proceeding of The fifth national congress on agricultural machines and mechanization Engineering. Pages: 1-9.
Mohsenin, N. N., 1978. Physical Properties of Plant and Animal Materials: Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties. *Gordon and Breach Science Publishers*, New York.
Oladele, A.K. Aina, J. O. 2007. Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tigernut (Cyperus esculentus). *African Journal of Biotechnology* .6: 2473-2476.
Owusu-Apenten, R. K. 2002. Food protein analysis Quantitative effects on processing.Marcel Dekker, Inc. Basel. New York.
Piornos, J. A., Burgos-Díaz, C., Ogura, T., Morales, E., Rubilar, M., Maureira-Butler, E., Salvo-Garrido, H. 2015. Functional and physicochemical properties of a protein isolate from AluProt-CGNA: A novel protein-rich lupin variety (Lupinus luteus). *Food Research International*, 76(3):719–724.
Ragab, D. M., Babiker, E. E., & El Tinay, A. H. 2003.Fractionation, solubility and functional properties of cowpea

(Vigna unguiculata) proteins as affected by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*, 84, 207–212.

Ravaghi M. Mazaheri M. Asoodeh A. 2011. Role of Soy Flour Type and Production Procedure on Chemical and Functional Properties of Its Protein Concentrate. *Journal of Food Research* 21(1). 71-82.

Razavi S.M.A. and Akbari R. 2012. Biophysical properties of Agricultural and Food materials, Published by Ferodowsi University of Mashhad, IRAN.

Razavi, S. M. A.; Zahedi, I.; Mahdavian Mehr, H. 2009. Some Engineering Properties of Plantago major L. (Barhang) Seed, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 5(2), 88-96.

Razavi, M.A., Fathi, M. 2009. Moisture-Dependent Physical Properties of Grape (*Vitis vinifera* L.) Seed.Philippine *Agricultural Scientist*, 92:201-212.

Razavi S.M.A., Tavakoli J., haji Mohamamdi Farimani R. 2006. Study on physical properties of four different modificated type of Iranian wheat seed. *Journal of engineering research in Agriculture*, Page 1-6.

Sadeghi M., Abbasi M. and Masoomi A. 2010. Physical and Aerodynamic Properties of Pinto Bean Grain as Affected by Moisture Content, *Iranian Journal of Biosystem Engineering*. 42(2). 145-152.

Sadeghi, Gh. Samie, A., Pourreza, J., and Rahmani, H.R. 2004. Canavanine content and toxicity of raw and treated bitter vetch (Vicia ervilia) seeds for broiler chicken. *International journal of poultry science*, 3(8):522-529.

Sathe, S. K., Salunkhe, D. K. 1981. Functional properties ofgreat northern bean proteins: emulsion, foaming ,viscosity and gelation properties. *Journal of Food Science*, 46: 71-75.

Seena, S. K., Sridhar, R. 2005. Physiochemical, functional and cooking properties of Canavalia, *Food Chemistry*, 32: 406 – 412.

Shokrollahi Yanchedhmeh, B; Mohebbi, M; Varidi, M; Ansarifar, E, 2014. Effects of Temperature, Frying time and Lentil Flour Addition to the batter formulation on quality of simulated fried crust by using a Deep-Fried Model System, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(3). 266-275.

Sikorski, Z. E. 2002. Chemical and Functional Properties of Food Components. Florida, CRC Press.

Sosulski F., Garratt, M. D., and Slinkard, A. E. 1976.Functional Properties of Ten Legume Flours. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal,* 9(2): 66-69.

Traynham, T.L., Myers, D.J., Carriquiry, A.L., Johnson, L.A., and Amer, J. 2007. Evaluation of water holding capacity for wheat–soy flour blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84: 151–155.

Vadivel, V., Janardhanan, K.2001. Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, Cassia floribunda Cav. *Food Chemistry*, 73: 209-215.

Wu, H., Wang, Q., Maa, T., Ren, J. 2009. Comparative studies on the functional properties of various protein concentrate preparations of peanut protein. *Food Research International*, 42: 343–348.

Yal-cin, C. Ozarslan, O. 2004.Physical Properties of Vetch Seed.Biosystems Engineering, 88: 507–512.

Yu, J., Ahmedna, M., Goktepe, I. 2007. Peanut proteins concentrate: Production and functional properties as affected by processing. *Journal of Food Chemistry* 103: 121–129.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 38- 52

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۵۲-۳۸

Evaluation the physicochemical and mechanical properties of bittervetch seed (*Viciaervilia*) and the functional properties of its flour

M. Taghizadeh[1*], B. Shokrollahi[2], F.Hamedi[2]

Received: 2016.07.08
Accepted: 2016.12.31

Introduction: Lack of protein is one of the most challengeable subjects which are being discussed by nutritionists as well as food manufacturers in all over the world. Therefore, the search for the new sources of edible proteins is one of the interests of food researchers. Among all food sources, legumes are one of the most known sources of proteins. Bittervetch (Viciaervilia) seed is one of the legumes families which has a similar shape to red lentil (Farran et al, 1998). The seed has high nutritional value and is able to grow in shallow soil. Having protein content of more than 26.65% (Sadeghi et al., 2004), has make the bittervetch seed a good option to be investigated as a new source of protein. The object of this study was to investigate the physicochemical and mechanical properties of bittervetch seed as well as studying the functional properties of the result flour regarding to introduce a new and beneficial source of protein.

Materials and Methods: Bittervetch seed was obtained from local market in Shahrekord city and was cleaned, skinned and milled. The obtained flour was then refrigerated at 4°C for further tests. Physical properties of the seed including size, dimension, mass, true and bulk density as well as porosity were measured using standard methods and calibrated equipments.

In the case of mechanical properties, static coefficient of friction on fur different surfaces as well as the filling and emptying angle of repose were determined.

Chemical composition of both the seed and skinned seed's flour (moisture content, fat, protein and ash) were determined using standard methods (AACC, 2003). The carbohydrate content of the samples was determined by subtraction of the sum of other compositional substances from 100.

Color properties, protein solubility, water and oil absorption capacity, foaming capacity and emulsifying capacity were also measured for the flour obtained from skinned bittervetch seed.

Results and discussion: The results obtained from the measurement of physical properties for the bittervetch seed showed that length, width and height of the seeds were in the range of 3.11mm to 4.18mm, 3.16mm to 4.34mm and 3.32mm to 4.98mm, respectively. The average values of 3.564±0.223mm, 3.620±0.185mm and 3.836±0.222mm for the length, width and height of bittervetch seeds, respectively. The surface area of seeds were found to be in the range of 34.991mm^2 to 62.187mm^2. True density, bulk density and porosity of samples were found to be in the range of 1321mm^3 to 1322.8mm^3, 0.786mm^3 to 0.802mm^3 and 39.879% to 41.060%, respectively. According to the results obtained the highest mean for the coefficient of friction was belonged to the three-layer wood surface (0.435±0.003) and the second highest coefficient of friction was belonged to rubber (0.424±0.003) proving the these two surfaces are not appropriate for handling the bittervetch seed. The lowest friction coefficient was found for the glass (0.194±0.003).

L* was measured for the obtained flour and the highest L* was found to belonged to skinned seed's flour showing the removing the skin would result in brighter flour.

The test on protein solubility showed high dependency of this parameter to pH of the flour proving the U-form dependency in the pH rage of 2-12. The highest solubility was observed in the pH level of 12 (15.622mg/ml) and the lowest protein solubility was observed at the pH level of 4.5 (1.041mg/ml).The flour of

1 and 2 Assistant professor and MSc student of Mechanics of Biosystems Engineering , Department, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Ramin University of Agriculture and Natural Resources of Khuzestan, Respectively
(*Corresponding Author Email: mtaghizadeh@um.ac.ir)

this seed contains 24% protein and 9% fat. Water and oil absorbing capacity were obtained 2.01 ±0.01 and1.77±0.03 respectively (grams of water or oil per grams of sample). The results also showed that changes in pH, affected the solubility, foaming capacity, foaming stability, emulsion capacity and emulsion stability of bitter vetch flour.

Keywords: Bittervetch, Flour, Mechanical Properties, Functional Properties